3

UEBER DIE

MACULA LUTEA DES MENSCHEN

UND DIE

ORA SERRATA

EINIGER WIRBELTHIERE.

VON

DR. FR. MERKEL,

PROSECTOR IN GÖTTINGEN.

MIT ZWEI LITHOGRAPHIRTEN TAFELN.

LEIPZIG,

VERLAG VON WILHELM ENGELMANN.

1870.

SEINEM VEREHRTEN LEHRER

HERRN

PROFESSOR J. HENLE

WIDMET DIESE ZEILEN

IN DANKBARER HOCHACHTUNG

DER VERFASSER.

VORBEMERKUNG.

Angezogen durch die höchst interessanten und in manchen Theilen nur noch allzu dunkelen Strukturverhältnisse der Retina, habe ich meiner Arbeit, die ich anfänglich nur unternommen hatte, um mir über einige Verhältnisse des Bindegewebes Klarheit zu verschaffen, unvermerkt eine immer grössere Ausdehnung gegeben; und da ich sehe, dass ein Capitel, wie die Retina, trotz der darüber schon existirenden ausgezeichneten Arbeiten leider nicht in Monaten, sondern nur in Jahren studirt werden kann, habe ich mich entschlossen, vorerst diejenigen Punkte, über welche ich mich am besten orientirt habe, der Oeffentlichkeit zu übergeben, mit dem Vorbehalt, den Rest der Untersuchung in einer zweiten Arbeit nachzubringen. — Wenn ich es also wage, dem Leser eigentlich eine halbfertige Arbeit vorzulegen, kann ich nur um seine geneigte Nachsicht bitten.

Mit Vergnügen ergreife ich die Gelegenheit, Herrn Dr. Hessberg, Assistenten an der internen Klinik in Göttingen, meinen wärmsten Dank auszusprechen für die grosse Bereitwilligkeit, mit welcher er mich mit menschlichen Augen versah; eine Unterstützung, ohne welche mir meine Untersuchungen über den gelben Fleck unmöglich gewesen wären.

Macula lutea des Menschen.

So gut man zu allen Zeiten die Wichtigkeit des gelben Fleckes für die Physiologie des Sehens erkannt hat, so lange hat es doch gedauert, bis man einiges Licht übet die Anatomie desselben verbreitete.

Die in früherer Zeit auf diesem Gebiete gemachten Untersuchungen, die wegen der höchst unvollkommenen Methoden und Hilfsmittel zu keinen Resultaten führten, die sogar die Stäbchen und Zapfen an die Glaskörperseite der Netzhaut verlegten, die statt der Fovea ein Foramen centrale annahmen, die die Plica centralis für eine Bildung des lebenden Auges hielten, — können übergangen werden und bei einer kurzen Betrachtung der Geschichte des gelben Fleckes können wir als den Schlüssel zur Erkenntniss des Baues desselben die von Henle im Jahre 1852 gemachte Entdeckung bezeichnen, dass er keine Stäbchen, sondern nur Zapfen enthält. Kurz darauf folgen die Arbeiten von H. Müller, deren Resultate in seinem epochemachenden Aufsatz[1]) im Jahre 1857 zusammengefasst sind. Er findet die zunehmende Masse der Ganglienzellen, weist den Nervenfasern ihren richtigen Platz an, beschreibt schon genau die äussere Körnerschichte des gelben Fleckes und erklärt die hier zunehmende Dicke der Retina durch die allmählich sich vergrössernde Mächtigkeit seiner Zwischenkörnerschichte; mit einem Worte, er analysirt die Macula lutea so genau, als es seine Methoden erlaubten. — Einen weiteren Schritt vorwärts thut dann Bergmann, der am gelben Fleck den schiefen Faserverlauf entdeckte. Obgleich man diesen Fund im Anfang für eine durch Verzerrung der Theile hervorgerufene Täuschung hielt, tauchte doch schliesslich kein Widerspruch mehr dagegen auf und auch diese Entdeckung kam zu ihrem wohlbegründeten Rechte.

Vom Jahre 1859 an beginnen die Arbeiten M. Schultze's über die Retina. Er führt den Namen »Limitans externa« ein und richtet seinen ersten Angriff gegen die allgemein übliche

1) Zeitschrift für wissenschaftl. Zoologie. VIII. Bd.

Auffassung der granulirten Schichten. Er suchte zu beweisen, dass man es hier wie in der Gehirnrinde mit nichts anderem zu thun habe, als mit einem Netz der feinsten Bindegewebsfibrillen, dessen Maschen man mit weniger vollkomenen optischen Hilfsmitteln für Körnchen gehalten habe. In der Auffassung der mächtigen Zwischenkörnerschichte H. Muller's schliesst er sich der Dorpater Schule, in specie Blessig an, der sie für rein bindegewebig erklärt.

Die erste sehr eingehende Beschreibung des gelben Fleckes mit genauer Bestimmung des Verlaufes der von Bergmann zuerst gesehenen schiefen Fasern gibt Henle in seinem Handbuch der Anatomie. Kurz darauf veröffentlichte dann M. Schultze einen zweiten Aufsatz über seine Präparate, die er mit Hilfe der Osmiumsäure gewonnen. Dieses Reagens schien geeignet, in kurzer Zeit zu einem vollständigen Abschluss der Anatomie der Netzhaut zu führen und Alles glaubte sich zu den schönsten Hoffnungen berechtigt. Jeder Zweifel an der nervösen Natur der Stäbchen- und Zapfenfasern scheint gehoben, die innern Körner bildet Schultze so klar wie nur möglich ab und nur die beiden granulirten Schichten bleiben auch ihm trotz seiner vorzüglichen Reagensflüssigkeit verschlossen. Obgleich dann Hasse die Untersuchungen mit Ueberosmiumsäure wiederholte, konnte er doch nicht viel weiter kommen, als sein Vorgänger, und bestätigt nur, wie er selbst sagt, im Wesentlichen dessen Resultate. In der neuesten Zeit nun ist die Aufmerksamkeit der Forscher vom gelben Fleck und den Schichten der Retina durch die Controverse über den Bau der Stäbchen und Zapfen abgelenkt worden, über deren Natur man, Dank den Arbeiten von Hannover, Henle, Ritter, Krause, Max Schultze, Hensen und anderen Forschern nun so weit in's Klare gekommen ist, dass wohl nur wenig mehr für künftige Untersucher übrig bleiben wird. Nicht so eingehend sind unsere Kenntnisse von den andern Schichten der Retina; denn wenn zwei Forscher wie Henle und M. Schultze über die Lage der kegelförmigen Körperchen so weit uneinig sein können, dass sie jener in die äussere Körnerschichte legt, während sie dieser an der entgegengesetzten Seite der dicken Lage der Zapfenfasern am gelben Flecke findet, ist an einen Abschluss nicht zu denken. Zuletzt nun betritt Krause durch die Einführung eines ganz neuen Gewebselementes, seiner Fenstermembran, an Stelle der M. Schultze'schen Zwischenkörnerschichte einen noch unbeschrittenen Weg und erklärt die ganze äussere Hälfte der Retina für rein bindegewebig.

Bei der Untersuchung des gelben Fleckes ist es zuerst von Wichtigkeit, sich über die Ausdehnung und die Gränzen desselben zu verständigen; denn nicht alle Forscher sind darüber einig. Nimmt man die gelbe Farbe als Anhaltspunkt, so wird es sehr schwer sein, eine genaue Ortsbestimmung zu machen, da ja, wie schon lange bekannt ist, die Farbe ganz allmählich nach der Peripherie zu verschwindet und von einer genauen Abgränzung auch unter dem Mikroskop keine Rede sein kann. An gehärteten oder überhaupt mit Reagentien behandelten Augen verschwindet die gelbe Farbe, die sehr vergänglich ist, gewöhnlich ganz, und so wäre

dann an solchen eine Bestimmung der Macula lutea überhaupt nicht möglich. — Es ist desshalb besser, statt der Farbe lieber Formverhältnisse zu berücksichtigen und irgend eine Schichte als bestimmend anzunehmen. Als solche bietet sich am einfachsten die Schichte der Zapfen, die ja nach Henle in der Gegend um die Fovea centralis nur einerlei Elemente enthält, und in den folgenden Zeilen wird allein von dieser Stelle die Rede sein. — Jedes Präparat, welches nur ein einziges Stäbchen zeigte, wurde, als nicht zur Macula lutea gehörig, bei Seite gelegt.

Durch die Abwesenheit der Stäbchen an dieser Stelle wird die Untersuchung bedeutend vereinfacht und es liegt nahe, bei der Durchforschung der menschlichen Retina gerade von dieser Stelle auszugehen und erst von hier aus die übrigen Theile der Retina zu betrachten, wo man dann die Stäbchen mit ihren Adnexis in den schon bekannten Bau des Zapfensystemes nur einzufügen hat. Doch dies soll, wie schon bemerkt, die Aufgabe einer späteren Abhandlung sein und vor der Hand will ich versuchen, eine möglichst genaue Analyse der Gebilde des gelben Fleckes zu geben.

Die Schichten, welche hier zu betrachten sind, bezeichne ich mit folgenden Namen:

1) Zapfenschichte,
2) Limitans externa,
3) { äussere Körnerschichte, äussere Faserschichte,
4) äussere granulirte Schichte,
5) innere Körnerschichte,
6) innere granulirte Schichte,
7) Ganglienzellenschichte,
8) Opticusfaserschichte,
9) Limitans interna.

Ueber die Zapfenschichte brauchen wir nur wenige Worte zu sagen, denn wie schon oben bemerkt, ist der Bau derselben durch die zahlreichen, besonders in letzterer Zeit erschienenen Arbeiten ziemlich bekannt. — Die Maasse, welche für die Zapfen angegeben werden, schwanken zwischen $0{,}004^{mm}$ nach H. Müller und $0{,}002^{mm}$ nach Henle. Der erstere macht bei seiner Angabe gar keinen Anspruch auf vollkommene Genauigkeit und letzterer hat wohl durch den Einfluss des von ihm benützten Alkohols so geringe Zahlen bekommen. Fast alle anderen Angaben nehmen constant die Zahl $0{,}003^{mm}$ an und die Messungen, welche ich an vielen Zapfen der Macula lutea vorgenommen, stimmten immer hiermit überein. Was die Länge der hier stehenden Zapfen betrifft, so kann ich H. Müller's Angabe, welcher $0{,}05^{mm}$ annimmt, vollkommen bestätigen. Das Innenglied hat eine Länge von $0{,}024^{mm}$, das Aussenglied von $0{,}027^{mm}$, was zusammen eine Summe von $0{,}051^{mm}$ ergibt.

Die von M. Schultze angegebene Plättchenstructur sieht man sehr häufig auch an den

Zapfen der Macula, am leichtesten, wie mir scheint, bei Benützung von Humor aqueus oder ganz verdünntem Liquor ammon. caust. d. h. also alkalischem Wasser als Zusatzflüssigkeit. — Die Cannelirung nach HENSEN[1]) konnte ich hier nicht finden. M. SCHULTZE[2]) erklärt sie in der allerneuesten Zeit für den Ausdruck der eigentlichen Nervenendigungen, vermisst sie aber ebenfalls an den Zapfen der Macula.

Von der Präexistenz des RITTER'schen Fadens konnte ich mich durchaus nicht überzeugen. — Die eigenthümliche Krümmung des Innengliedes der Zapfen in der Fovea, wie sie M. SCHULTZE in seinem Archiv II. Bd. Taf. X. Fig. 12 und III. Bd. Taf. XIII. Fig. 1 abbildet, habe ich wiederholt gesehen, kann aber einen Grund dieser Erscheinung leider nicht angeben. — Dass zwischen den Zapfen eine glashelle Zwischensubstanz existirt, hat schon HENLE[3]) gefunden und H. MÜLLER bestätigt. — Nach diesen kurzen Bemerkungen können wir die Zapfenschichte verlassen und zur Betrachtung der Limitans externa übergehen.

Diese Membran, wenn man sie so nennen darf, war bisher eigentlich nur von dem Durchschnitt her bekannt; eine Flächenansicht derselben zu beschaffen, gehört zu den schwierigsten Aufgaben der mikroskopischen Technik. In der letzten Zeit jedoch beschreibt und zeichnet KRAUSE[4]) eine Flächenansicht und führt zugleich ein neues Formelement, seine Nadeln ein, kurze von der limitans in die Zapfenschichte hineinragende Stiftchen, die dem Bindegewebe angehören. M. SCHULTZE scheint neuestens (l. c.) auch solche Schnitte bekommen zu haben und stimmt mit KRAUSE in soweit überein, dass er auf der Limitans auch die Zeichnung der Stäbchen- und Zapfenansätze findet. Dieselbe soll aber nach seiner Darstellung durch die Durchbohrung der Membran von den pinselförmig sich theilenden Zapfen- und Stäbchenfasern herrühren. Ob diese die Stäbchen und Zapfen einschliessenden Nervenfäserchen mit den Nadeln W. KRAUSE's identisch sind, sagt uns der Verfasser leider nicht, obgleich es, nach W. K.'s Abbildungen zu schliessen, nicht unwahrscheinlich ist. An der Macula lutea nun konnte ich derartige von der Limitans ausgehende oder sie durchbohrende Fäserchen oder Nadeln auf keine Weise finden, obgleich es mir durch Härtung der Retina in Platinflüssigkeit nach einer unten näher zu beschreibenden Methode gelang, Flächenschnitte der Limitans in grosser Ausdehnung zu fertigen. Ich fand nichts, als der von W. KRAUSE (l. c.) gegebenen Flächenansicht analoge Bilder, ein feines Maschenwerk mit gleichgrossen für die Zapfen bestimmten Maschen. Einer weiteren Eigenthümlichkeit der Limitans wollen wir bei der Beschreibung der Schicht gedenken, zu welcher wir jetzt übergehen, nämlich der vereinigten äusseren Körner- und äusseren Faserschichte.

---

1) VIRCHOW's Archiv. 39. Band p. 475 und Taf. XII.

2) Sitzungsberichte der Niederrhein. Gesellsch. für Natur- und Heilkunde zu Bonn vom 3. Mai 1869.

3) Zeitschrift f. rat. Med. 1852 (N. F. Bd. II.) pag. 305.

4) Membrana fenestrata p. 6 u. Taf. I. Fig. 4.

H. Müller nennt die äussere Faserschichte in Verbindung mit der äusseren granulirten »Zwischenkörnerschichte«. Gegen diesen Namen lässt sich gewiss insofern nichts einwenden, als dieser Forscher alles darunter versteht, was zwischen den beiden Anhäufungen von Körnern liegt, die in der Retina vorkommen. Doch konnte sich diese Bezeichnung unmöglich halten, da man bei genauerer Erkenntniss des gelben Fleckes darauf kommen musste, dass die nach der inneren Körnerschichte abgränzende molekuläre Substanz mit der von Bergmann gefundenen schieffaserigen Schichte lange nicht in so genauer, untrennbarer Verbindung stand, als letztere mit der äusseren Körnerschichte, und so trennt denn auch Henle seine äussere Faserschichte von der äusseren granulirten. M. Schultze betont den Zusammenhang der äusseren Körnerschichte mit der äusseren Faserschichte im Gegensatz zur molekulären Substanz so weit, dass er keinen besonderen Namen für dieselbe eingeführt wissen will, sondern sie nur eine »körnerlose innere Abtheilung der äusseren Körnerschichte« nennt. Aber schon Krause (l. c.) findet diesen Ausdruck nicht recht bezeichnend und ersetzt ihn durch den gewiss sehr treffenden Namen »Zapfenfaserschichte«. Da jedoch Henle's Bezeichnung eine allgemeinere ist und nicht ausschliesslich auf die Macula lutea Anwendung findet, sondern auch von der vielfach in Thieraugen verbreiteten radialfaserigen Schichte gebraucht werden kann, so ziehe ich vor, denselben beizubehalten. Da man nun aber den völlig unzertrennlichen Zusammenhang der äusseren Körnerschichte und äusseren Faserschichte erkannt hat, so ist es natürlicher, die beiden nur auf den ersten Blick gesonderten Strata zusammenzuziehen und als Ganzes zu besprechen.

Schon Blessig[1]) gibt eine Zeichnung dieser Schichte, welche vollkommen meiner auf Taf. I. Fig. 12 gezeichneten Abbildung entspricht. Er erklärt das Bild, wie natürlich, als Bindegewebe; Max Schultze, der diese Schicht in seinem ersten Aufsatze[2]) auch bespricht, tritt, wie schon erwähnt, Blessig's Ansicht bei. Erst Henle sagt, trotz des bindegewebigen Aussehens müsse er die Fasern der äusseren Faserschichte doch wegen ihrer mikroskopischen Eigenschaften für nervös halten. M. Schultze, der erst diese Schichte so entschieden für ein Bindegewebsnetz erklärt hatte, findet sie bei Anwendung der Osmiumsäure nur aus varikösen und unverzweigten Zapfenfasern bestehend. Alle späteren Beobachter schliessen sich ihm an, doch sagt Krause, die Fasern seien platte Bänder, durch deren Torsionen die Varikositäten vorgetäuscht seien.

Bedenkt man diese höchst verschiedenen und widersprechenden Angaben in der Literatur, so leuchtet ein, dass der Anfang der Untersuchung nicht eben einen klaren Weg erkennen liess, der zum Ziele führte. Um so mehr erfreut es mich desshalb, zu einem Resultate gekommen zu sein, welches gestattet, beiden Theilen ihr Recht widerfahren zu lassen und

---

1) Inauguraldissert. De retinae structura disquisitiones microscopicae. Dorpat 1855.

1) De retinae structura penitiori etc. 1859.

welches nicht wie die bisherigen Beobachtungen zwingt, die eine Ansicht für gänzlich fehlerhaft zu halten. Zu diesem glücklichen Erfolg kam ich durch zwei Reagentien, das Osmium und das Platin, welche auf Bindegewebe und Nervensubstanz in verschiedener Weise einwirken.

Die überaus klaren Schnitte von Netzhäuten, die in Platin gehärtet waren, welche ich anfangs ausschliesslich zur Untersuchung benützte, ergaben ein Bindegewebsnetz, wie man es nicht schöner wünschen konnte. Die Fig. 12 auf Taf. I stellt ein solches Präparat dar, wie ich sie zu Dutzenden bekommen habe, und welche mich zuerst natürlich sehr geneigt machten, Blessig und der früheren Ansicht M. Schultze's beizutreten und die Zapfenfasern in ihrer neu beschriebenen Form zu bezweifeln. Die Controlversuche, die ich mit Osmiumsäure anstellte, zeigten mir anderseits immer nur die von M. Schultze[1]) gezeichneten varikösen Axencylinder, an denen ich auch die Krause'sche Angabe von ihrer Torsion nicht bestätigen konnte.

Glücklicherweise hatte ich Gelegenheit, mir Augen von Leichen schon eine Viertelstunde nach dem Tode zu verschaffen; ältere Augen, etwa eine Stunde alte, zeigen häufig schon verzerrte oder irre leitende Bilder. Dieselben wurden in überaus dünne Osmiumsäurelösung gelegt, nachdem sie im Aequator mit einem Rasirmesserschnitt getheilt waren. Der Glaskörper verblieb in situ. Diese Präparate nun waren es, welche die so sehr erwünschte Aufklärung gaben. Alles was bisher in der äusseren Körner- und Faserschichte beobachtet war, fand sich hier nebeneinander; das Netz von Blessig, die Zapfenfasern von Schultze und die platten torquirten Fasern von Krause. — Es zeigte sich nämlich, dass die nervösen und unverzweigten Fasern, die mit Zapfen und Zapfenkorn in Zusammenhang standen, zwischen glashellen Bindegewebsmembranen verlaufen und durch diese von einander isolirt werden. Benützt man stärkere Osmiumlösungen, so werden diese Scheidewände brüchig oder kleben an den Zapfenfasern fest, so dass sie bei der Isolation, wenn man ihr Vorhandensein nicht kennt, übersehen werden, oder im Verein mit den Nervenelementen den Eindruck von torquirten Fasern machen. Die aus der Platinflüssigkeit gewonnenen Schnitte erklärten sich aus diesen Präparaten ebenfalls sehr leicht. Schon lange war mir nämlich aufgefallen, dass in der äusseren Körnerschichte ausschliesslich und in der inneren Körnerschichte sehr häufig (vergl. Taf. I. Fig. 8 u. 12) vollkommen freie Kerne vorkamen; die Vergleichung ergab, dass in Platin von den nervösen Elementen nichts übrig bleibt als die Kerne, dass also die Ansicht dieser Präparate nichts anderes ist, als eine solche des Stützapparates der beiden Körnerschichten, in welchem noch die nervösen Kerne eingeschlossen sind. Nach diesen Ergebnissen war es jetzt nicht mehr schwierig, ein Schlussresultat festzustellen.

Die Zapfenfasern, die zu den Nervenendigungen der Macula lutea — den Zapfen — führen, sind nach der Beschreibung von M. Schultze schon genügend bekannt und es bleibt

---

1) Archiv f. mikr. Anat. Bd. 2. Taf. X. Fig. 4—7.

nur noch übrig, einige Bestätigungen oder Berichtigungen beizufügen. — Schon H. Müller hat das Verhältniss der äusseren Körner zu den Zapfenfasern gekannt und beschrieben. Er erwähnt auch schon die richtige Thatsache, dass die letzteren am gelben Fleck dünner sind, als in der übrigen Retina. Die Zapfenkörner nennt M. Schultze identisch mit denen der übrigen Retina. Bezüglich der Grösse trifft dies zu; der grösste Durchmesser ist bei beiden ungefähr 0,009 mm; was aber die Form betrifft, so finde ich, dass die Zapfenkörner des gelben Fleckes durchweg kugelig sind (Fig. 1—4 auf Taf. I), auch wenn sie dicht an der Limitans ihren Platz haben, während die der Peripherie durchgehend eine Birnform haben, die Basis nach der Limitans zugekehrt. Eine Querstreifung der Zapfenkörner konnte ich ebenso wenig wie Krause zur Beobachtung bringen, und da ja auch die gestreiften Körner des Stäbchenapparates dem gelben Fleck vollkommen abgehen, so möchte ich, gerade desshalb, weil sie hier fehlen, glauben, dass sie eher dazu dienen könnten, die Schärfe des Bildes aufzuheben, als sie zu steigern. — Die kegelförmigen Körperchen, wie sie M. Schultze[1]) zeichnet, finde ich am gelben Fleck nicht sehr ausgeprägt; die Zapfenfasern gehen alle in ziemlich gleicher Dicke in die äussere granulirte Schichte über, wo sie sich, wie es scheint, theilen (Taf. I. Fig. 1 *a*). Eine Dreitheilung, wie sie Hasse[2]) beschreibt, habe ich nicht gesehen, mir scheint sie vielmehr nur zweifach zu sein, wie ich es auf der Fig. 1 auch gezeichnet habe. Ziemlich deutliche kegelförmige Körperchen kommen oft dadurch zu Stande, dass sich etwas granulirte Substanz um die Zapfenfaserenden anhäuft, obgleich auch diese lange nicht so gross sind, als sie Krause zeichnet[3]), nach dessen Abbildung sie ungefähr die Grösse der Zapfenkörner haben müssten. Der Verlauf der Zapfenfasern ist schon sehr eingehend von Henle und M. Schultze beschrieben und es ist zum Verständniss des Bindegewebes nur noch zu betonen, dass dieselben nie schräg in die äussere granulirte eintreten, sondern immer eine kurze Strecke vorher umbiegen und dann ganz rechtwinkelig auf die Ebene der äusseren granulirten Schichte zu stehen kommen[4]).

Das Bindegewebe, welches die Zapfenfasern auseinander hält, besteht aus aneinandergekitteten Schläuchen, in denen erstere verlaufen, die beim Zerfasern sehr leicht in Halbrinnen und breite Bänder zerreissen. Dieselben führen keinerlei Kerne, sind vollkommen glashell und lassen sich nur an ihren Randconturen und Falten mit Deutlichkeit erkennen. In zerfaserten, mit stärkeren Lösungen von Osmiumsäure behandelten Präparaten bleiben sie sehr straff und faltenlos (Fig. 1 *b*) In diesem Zustande sind sie besonders schwer als membranartige Gebilde zu constatiren, da sie so ausserordentlich hell sind, dass es der stärksten Immersionslinsen bedarf, um zwischen zwei Conturen, die für feine Fasern imponiren, noch etwas zu erkennen;

---

1) Archiv für mikr. Anat. Bd. II. Taf. X. Fig. 4.

2) Henle u. Pfeufer's Zeitschr. 3. Reihe. 29. Bd.

3) l. c. Taf. I. Fig. 12.

4) S. Henle's Handbuch der Anatomie. Fig. 514. p. 665.

oft kann man sich nur dadurch helfen, dass man das Präparat auf dem Objektträger bewegt und die zusammengehörigen Conturen verfolgt. Das natürliche, straffe Ansehen verlieren die Präparate aus dünneren Lösungen sogleich, und besonders wenn man die Stücke nach der Einwirkung der Osmiumsäure längere Zeit in Wasser liegen lässt, falten sich die glashellen Röhren und Häutchen und lassen sich so leicht nachweisen. Sehr deutliche Bilder bekommt man, wenn man solche Präparate in einer concentrirten Lösung von arseniger Säure einschliesst. In dieser Flüssigkeit färben sich die glashellen Membranen ganz schwach gelb; in Fig. 2 auf Taf. I habe ich ein solches Präparat abgebildet. Lässt man die Retinastücke noch länger in Wasser liegen, so kräuseln sich die Häutchen mehr und mehr und lassen sich immer leichter zerfasern, so dass man dann Bilder bekommt wie in Fig. 3 u. 4. Es ist mir auch gelungen, an so behandelten Präparaten der Macula lutea derartige Scheiden durch die ganze äussere Körner- und Faserschichte unversehrt zu verfolgen. Sie umschliessen die Zapfenfasern in ihrer ganzen Länge und umkleiden auch das Korn (Fig. 3). Die Durchschnitte ihres Ursprunges in der Limitans externa sind dunkle Punkte, von denen auf dem senkrechten Schnitt immer je zwei einen Zapfen einschliessen (Taf. I. Fig. 2 *cc*). An dem Präparat, welches ich in Fig. 2 gezeichnet habe, ist der Ansatzpunkt an der Limitans mit einer solchen Klarheit zu sehen, dass von einer Täuschung durchaus keine Rede sein kann; doch nicht allein an dieser Zapfenfaser, sondern auch an vielen andern Präparaten konnte ich dieses Verhalten constatiren. Ich kann mich daher, wenigstens für die Macula lutea des Menschen, nicht mit der Deutung einverstanden erklären, welche neuestens M. Schultze[1]) diesen Punkten der Limitans gibt, indem er sie für die Durchtrittsstellen der in Fibrillen zerfallenen Zapfenfasern erklärt. Die Punkte der Limitans stehen hier mit dem Stützapparat und durchaus nicht mit den Nervenendigungen in Verbindung.

Das zwischen dem Korn und der Limitans befindliche Stück Zapfenfaser scheint ziemlich eng von den Scheiden umschlossen zu sein, während sich dieselben dann vom Korn aus nach innen erweitern. Die Zapfenfasern sind also in ihrer grössten Länge nicht so straff von ihnen umschlossen, wie es etwa bei den Schwann'schen Nervenscheiden der Fall zu sein pflegt, sondern ziehen lose durch die ausserdem mit Flüssigkeit gefüllten Röhren hin, so dass also der Querschnitt ein Bild gibt, wie es in Fig. 12 dargestellt ist. Hier nehmen sich die durchschnittenen Scheiden wie ein Netzwerk aus, durch welches auch die früheren Beobachter getäuscht worden sind. In der Fovea centralis sind die Scheiden fast ganz quer getroffen, desshalb sind hier die Maschen eng und gleichmässig. Weiter nach aussen sind sie wegen ihrer radiären Anordnung (vergl. Fig. 11) schief durchschnitten, wesshalb auch hier die scheinbaren Maschen des Netzes eine immer langgezogenere Gestalt annehmen. — Fällt der Schnitt genau durch die Mitte der Fovea centralis, so müsste man dasselbe Bild bekommen, welches Max

1) Sitzungsberichte der niederrhein. Gesellsch. u. s. w. vom 3. Mai 1869.

Schultze schon schematisch abgebildet hat, d. h. man würde statt des Netzes Fasern sehen, wie sie auch natürlich ein gelungener Flächenschnitt zeigen muss (Fig. 11).

Die regelmässigen Vierecke, welche die äussere Faserschichte in Fig. 12 bei *a* gegen die äussere granulirte abschliessen und welche sich an allen Dickendurchschnitten der Macula lutea finden, die Richtung auf den Verlauf der Zapfenfasern mag sein welche sie wolle, erklären sich sehr leicht aus dem oben erwähnten Verhalten der letzteren. Diese treten rechtwinkelig in die äussere granulirte Schichte ein und die Scheiden müssen ihnen folgen. Sie legen sich also fest aneinander und bilden so auf ganz natürliche Weise, durch die schiefe Richtung der nach aussen liegenden Scheidenstücke abgegränzt, die erwähnten Vierecke.

Zur Bindesubstanz dieser Schichte gehören noch die von Henle beobachteten kegelförmigen Körperchen im Bereich der Zapfenkörner. Dieselben lassen sich am besten an den in Platin aufbewahrten Präparaten beobachten. Die Körner, die, wie schon oben erwähnt, sämmtlich rund sind, können sich in Folge dieser Eigenschaft nicht vollkommen dicht aneinander legen, und zum Ausguss der zwischen denselben bleibenden Lücken wird nun die zwischen den Scheiden befindliche Kittsubstanz benützt. In der Eigenschaft als indifferentes Ausfüllungsmittel haben sie jedoch keine constante Gestalt, und obgleich die Kegelform besonders an der Gränze gegen die äussere Faserschichte hin die häufigste ist, finden sich doch auch oft rocheneiartige oder ganz unregelmässige Bildungen[1]).

Wir kommen jetzt zur Betrachtung der äusseren granulirten Schichte. Diesen ihr von Henle gegebenen Namen ziehe ich desshalb dem M. Schultze'schen »Zwischenkörnerschichte« vor, weil sie ja lange nicht alles umfasst, was zwischen den beiden Körnerschichten liegt, und weil letzterer Name gar zu leicht zu Missverständnissen Anlass geben kann, da H. Müller, der denselben zuerst braucht, alles darunter versteht, was zwischen den beiden Körnerschichten liegt. Ausserdem hat der Name »granulirte Schichte« noch den Vorzug, zugleich die Struktur derselben zu bezeichnen, ein Grund, der natürlich M. Schultze abhalten wird, diesen Namen zu acceptiren, da er ja, wie schon oben bemerkt, andere Ansichten über die molekulären Substanzen hat, als sie in neuerer Zeit wieder von Henle und mir[2]) ausgesprochen sind.

Mit der Verfolgung der Nervenelemente durch diese Schichte der Retina ist es mir leider auch nicht besser ergangen, als anderen Beobachtern. Die abgerissenen Zapfenfasern konnte ich nie in klarem Zusammenhang mit Nervenfäserchen der inneren Körnerschichte

1) Wenn ich hier den eigenthümlichen Stützapparat der äusseren Schichten des gelben Fleckes als geschlossene Röhren dargestellt habe, so will ich damit nicht sagen, dass nicht etwa eine andere Deutung die Scheiden als ein honigwabenartiges Fachwerk von aneinander gefügten Bändern ansehen könnte. Doch glaube ich mich besonders durch die Fig. 3 u. 4 auf Taf. I und durch das Bestehen der kegelförmigen Körperchen Henle's berechtigt, die obenstehende Beschreibung als richtig festzuhalten.

2) Zeitschr. für rat. Medicin. 3. Reihe. XXXIV. Bd. p. 49.

erblicken. Oft sieht man allerdings die beiden Elemente von beiden Seiten so an die äussere granulirte treten, dass man schwören möchte, das eine sei die Fortsetzung des andern; und immer wieder schraubt man die stärksten Immersionslinsen an's Mikroskop und glaubt mit ihrer Hilfe endlich den langersehnten Zusammenhang zu finden, um ebenso oft wieder von dem vergeblichen Versuche abzusehen. Trügen die Zapfenfasern nicht so vollkommen das Gepräge von Nervenelementen, besonders durch den Einschluss in isolirende Scheiden, so möchte man sich wohl versucht fühlen, den Nervenendigungen ihren Platz in der äussern granulirten anzuweisen; denn man sieht (Taf. I. Fig. 5 u. 8) durch diese eine Art unterbrochener Linie, nach Art der Hilfslinien in mathematischen Figuren, gelegt, welche der Ausdruck von kleinen plattenförmigen Verdickungen ist, in welche die Nervenelemente der inneren Körnerschichte auslaufen (Fig. 7). Diese stark lichtbrechenden Plättchen aber, die sich gleich gut in Osmium und Platin präsentiren, konnte ich mit Zapfenfasern niemals in Verbindung sehen und bin leider genöthigt, die Constatirung des Zusammenhanges späteren Beobachtungen zu überlassen.

Bei der Verfolgung des Bindegewebes in der äusseren granulirten Schichte war ich mehr vom Glücke begünstigt, als bei den jeder Bemühung spottenden Nervenfasern. Die Fig. 5 auf Taf. I zeigt, wie leicht und schön sich die Scheiden der äusseren Faserschichte in die innere Körnerschichte verfolgen lassen. Platin und Osmium liefern für diese Verhältnisse gleich scharfe Präparate und an Stücken, die in sehr schwacher Lösung des letzteren macerirt sind, gelingt es sogar nicht selten durch Zerzupfen Scheiden der äusseren Faserschichte mit dem entsprechenden Bindegewebsgerüste der inneren Körnerschichte aus dem übrigen Zusammenhange zu lösen, ohne dass nur Ein Körnchen der granulirten Schichte daran hängen bleibt. Besonders an derartigen Präparaten lässt sich erkennen, dass sich die Scheiden in Fasern zerspalten oder verschmächtigen und als solche in die innere Körnerschichte eintreten.

In der inneren Körnerschichte bilden die unverzweigt durch die äussere granulirte durchtretenden Bindegewebsfasern ein Netz, welches sich am leichtesten mit der Stützsubstanz der Lymphdrüsen vergleichen lässt. Fasern wechseln ab mit breiten Bindegewebsplatten, die Zellen sind oft den Stützzellen[1]) ähnlich, oft sind sie rundlich, oft sehen sie aus wie an eine Bindegewebsfaser angeklebt. Einem eigenthümlichen Typus begegnet man nicht selten, der sich in den Netzhäuten aller Wirbelthiere wiederholt, nämlich einer Querverbindung zweier Längsfasern nach der Art von Leitersprossen (Taf. I. Fig. 5). In den Zwischenräumen liegen die nervösen Körner, sie sind hier wie von Reifen in ihrer Lage festgehalten.

Die nervösen Elemente, die hier ganz unzweifelhaft mit diesem Namen bezeichnet werden können, machen, wie es auch M. Schultze fand, die Hauptmasse der inneren Körner-

1) Göttinger Nachr. 1869. Nr. 1.

schichte aus. Es sind Zellen, in Grösse und Gestalt den Zapfenkörnern ähnlich. Sie sind alle ohne jede Ausnahme bipolar und kehren den einen Fortsatz nach der innern, den andern nach der äusseren granulirten Schichte, stehen also sämmtlich in radiärer Richtung. Der nach aussen gerichtete Fortsatz ist dicker als der von innen kommende (Fig. 7, 9). Die von M. Schultze beschriebenen Varikositäten sind an allen Nervenfasern deutlich zu sehen. Das Verhältniss der Nervenelemente zum Bindegewebe erklärt die Betrachtung der Fig. 8 auf Taf. I besser als jede Beschreibung. Durch die Führung des Schnittes sind die Maschen des Bindegewebes, die sonst die Nervenelemente eng umschliessen, etwas aus einander gezogen und die freien nervösen Kerne liegen in denselben. Da das Präparat einer in Platinflüssigkeit erhärteten Retina entnommen ist, fehlen die nervösen Fasern, die man sich aber leicht nach den Osmiumpräparaten (Fig. 6 u. 9) ergänzen kann.

Die innere granulirte Schichte bietet an sich nichts, was nicht schon mehr als genug beschrieben ist, und da ich über ihre Struktur nichts Neues beibringen kann, ziehe ich vor, sie zu übergehen.

Die Fortsetzung des Bindegewebes der innern Körnerschicht, welches die innere granulirte durchsetzt, besteht aus lauter glatten Radialfasern, die aber so unmessbar fein sind, dass man sie selbst aus Platinflüssigkeit nur dann sieht, wenn man den Schnitt sehr dünn und ganz parallel den Fasern gemacht hat. In ganz dünnen Osmiumsäurelösungen sind sie auch zu sehen, während sie sich in stärkeren Lösungen dieser Säure, sowie in allen andern von mir angewandten Reagentien der Beobachtung so vollständig entziehen, dass man sie, selbst wenn man von ihrer Anwesenheit weiss, doch durchaus nicht zu finden im Stande ist. Diese sehr feinen Radialfasern durchsetzen die darauf folgende Schichte der Ganglienzellen, wo sie sich Anastomosen zusenden, und treten dann durch die der Nervenfasern, um sich mit ganz geringen Verbreiterungen an der Limitans interna festzusetzen.

Die nervösen Elemente der Ganglienzellenschichte und der innern granulirten, die man in Zusammenhang betrachten muss, sind am genauesten von H. Müller beschrieben. Er gibt schon an, dass die Fortsätze der Ganglienzellen sehr gerade die innere granulirte durchsetzten und dass die Zellen selbst kleiner seien, als in der übrigen Retina, und eine längliche Form haben.

Betrachtet man nämlich die Ganglienzellen dieser Stelle, so findet man, dass sie alle ohne Ausnahme eine regelmässige Birnform zeigen. Sie sind durchgehend bipolar und nehmen an dem nach innen gekehrten dicken Ende eine Opticusfaser auf. Hier liegt auch ganz regelmässig der Kern (Fig. 9, 10). Nach der innern granulirten spitzen sie sich allmählig zu ihrem andern Fortsatz zu, den sie dann in diese einsenken. In der innern granulirten angekommen, theilt sich der Fortsatz, wahrscheinlich immer in zwei Fasern (Fig. 9, 10), die sich dann, aus der granulirten ausgetreten, als Nervenfasern der innern Körnerschichte mit den oben beschriebenen innern nervösen Körnern in Verbindung setzen (Fig. 9).

Da die Opticusfasern selbst nichts Bemerkenswerthes bieten, bleibt uns schliesslich nur noch übrig, einige Worte über die die Retina gegen den von der Hyaloidea bedeckten Glaskörper abschliessende Membrana limitans interna zu sprechen. — Dieselbe zeigt ein etwas andres Verhalten als in der übrigen Retina, wo sie auf dem Durchschnitt einem gleichmässig feinen Striche gleicht, während sie sich an der Macula lutea so beträchtlich verdickt, dass sie eine Mächtigkeit von 0,003 ^{mm} erreicht (Fig. 12). In dieser Dicke übezieht sie die ganze Macula bis zum Rande der Fovea centralis, wo sie sich allmählig wieder verdünnt, um an der tiefsten Stelle derselben auf dem Durchschnitt wieder derselben feinen Linie zu gleichen, wie in der übrigen Retina.

Dieses Verhalten der Limitans spricht sehr gegen die bisher gebräuchliche Annahme von ihrer Entstehung durch die Verbreiterung und Verschmelzung der Radialfaserenden. Denn wenn die dicken Radialfasern der übrigen Retina nur eine Membran von fast unmessbar feinem Durchschnitt zu bilden im Stande sind, ist es doch wohl kaum glaublich, dass die, wie oben beschrieben, äusserst feinen Radialfasern der Macula durch Verschmelzung ihrer Enden eine Membran von dieser Dicke hervorbringen können. Es möchte daher vielleicht besser sein, die Limitans interna als eine für sich bestehende Haut aufzufassen, doch ist diese Erklärung ebensogut eine Hypothese, wie jede andre, deren Bestätigung nur in der Entwickelungsgeschichte zu finden ist.

Die Vertheilung der Gefässe ist an der Macula lutea keine andere, wie in der übrigen Retina, und nur an der tiefsten Stelle der forvea scheinen sie in sehr geringer Ausdehnung zu fehlen.

Betrachtet man noch einmal kurz den Bau der Macula lutea im Ganzen, so findet man höchst einfache Verhältnisse. Die dünnen Opticusfasern treten in je eine Ganglienzelle ein; dieselbe sendet gerade nach aussen einen dicken, sich theilenden Fortsatz, wodurch also die vom Centrum kommende Nervenfaser im Stande ist, zwei gleich dicke Fasern zu erzeugen; durch den Eintritt in ein Korn der äusseren Körnerschichte werden diese dann wieder in den Stand gesetzt, sich um das Doppelte zu verstärken, d. h. also die ursprüngliche Nervenfaser wird durch Einschaltung von drei Zellen auf den vierfachen Durchmesser gebracht. — Diese dicken peripherischen Ausläufer der innern Körner setzen sich dann vielleicht direkt in eine Zapfenfaser fort.

Der Bindegewebsapparat ist ebenso einfach wie die Nervenvertheilung. Das Centrum desselben bildet die innere Körnerschichte; hier ist ein ziemlich enges Netz, reichlich mit Zellen und Kernen versehen; dasselbe sendet durch die beiden angränzenden granulirten Schichten unverzweigte Fasern, welche dann, nachdem sie aus denselben ausgetreten sind, nach innen wieder ein Netzwerk von schmalen Fasern bilden, deren Enden an die limitans interna gehen, während nach aussen die Umwandlung in die Zapfenfaserscheiden erfolgt, die

ihren Endpunkt an der Limitans externa haben. — Zellenartige, zum Stützapparat gehörige Gebilde kommen nur in der innern Körnerschichte vor.

Die Topographie der einzelnen Schichten noch einmal zu beschreiben, wäre überflüssig, da man hierüber die genauesten Angaben und Messungen schon bei H. Müller, Henle und M. Schultze (*l. l. c. c.*) findet.

Ueber die äussere Körnerschichte ist nur beizufügen, dass sie sich in der Fovea centralis verdickt, während alle andern Schichten abnehmen (Fig. 12). Aus der Betrachtung der Profilansichten schloss man, dass die Anordnung der Elemente der äusseren Faserschichte eine radiäre sein müsse, doch scheint eine faktische Darstellung dieser Verhältnisse noch nicht gelungen zu sein. In Fig. 11 habe ich daher einen Flächenschnitt durch die äussere Faserschichte abgebildet, welcher die bisherige Annahme als Thatsache beweist.

An der dünnsten Stelle der Retina fehlen die beiden granulirten Schichten, und die Nervenzellen- und innere Körnerschichte fliessen zusammen (Henle). Zwischen diesen vereinigten Schichten und der äusseren Körnerschichte existirt immer noch eine ganz dünne Lage von Zapfenfasern mit ihren hier sehr dickwandigen Scheiden. Hasse gegenüber bemerke ich, dass ich an keinem der von mir untersuchten Augen eine äussere Einbuchtung an der fovea bemerken konnte, sondern dass die Limitans externa, wie es auch in Fig. 12 abgebildet ist, eine völlig gerade Linie bildet.

Dass Nervenfasern an allen Stellen der Fovea centralis vorkommen, versteht sich von selbst, da auch an der tiefsten Ausbuchtung noch Ganglienzellen liegen, welche hier wie überall in der Retina sämmtlich mit Opticusfasern in Verbindung stehen.

Ora serrata.

Aus wohl begreiflichen Gründen hat die Ora serrata von jeher das geringste Interesse von allen Theilen der Retina in Anspruch genommen; verkümmerte Nervenelemente und indifferentes Gewebe sind fast die einzigen Bemerkungen, mit welchen man die in den Sand verlaufende Retina begleitet. Bei Thieren sind die Untersuchungen hierüber ganz besonders spärlich ausgefallen, nur Hulke erwähnt kurz, aber richtig die Ora der Amphibien. Beim Menschen haben die arkadenartigen Fasern, die durch Blessig[1]) entdeckt sind, alle Aufmerksamkeit absorbirt, so dass wir erst durch Kölliker[2]) etwas näher von dem Zusammenhang der Ora serrata mit der Pars ciliaris unterrichtet sind.

Obgleich nun die physiologische Wichtigkeit des vorderen Randes der Retina eine verschwindend kleine ist, so sind doch die Formverhältnisse so eigenthümliche, dass sie wohl eine Beschreibung verdienen. Ich habe den Bau der Ora bei je einem Repräsentanten der

---

1) l. c. 2) Handbuch der Gewebelehre. 4. Aufl.

Wirbelthierklassen studirt, beim Rind, Huhn, Hecht und Frosch, und will versuchen, in den folgenden Zeilen die Resultate der Beobachtungen niederzulegen.

So grundverschieden bei den vier genannten Thieren die Struktur der Retina in den Theilen ist, welche dem physiologischen Vorgang des Sehens dienen, so uniform wird dieselbe an der Ora serrata, so dass es hie und da sogar möglich ist zu zweifeln, welcher Wirbelthierklasse ein Querschnitt der Ora serrata entnommen ist.

Entwirft man sich ein Bild von den allgemeinen Verhältnissen, so findet man, dass die Retina nur wenig in ihrer Dicke verliert; die Körnerschichten nehmen etwas, aber unbedeutend an Dicke ab. Am meisten verliert die Opticusfaserschichte. Die Verjüngung ist, abgesehen von manchen kleinen Unregelmässigkeiten, im Allgemeinen eine ziemlich plötzliche, was sich leicht aus dem Aufhören der einzelnen Schichten erklärt.

Am frühesten verschwinden nämlich die Stäbchen und Zapfen. Ihnen folgen unmittelbar die äusseren Körner, begleitet von der äusseren granulirten. Die innere granulirte Schichte ist es dann, welche die rasche Dickenabnahme der Retina bedingt, da sie, die mächtigste Schichte der Netzhaut, sich ziemlich plötzlich nach vorne abrundet und so endet, dass ihr Durchschnitt einem abgestumpften Kegel gleicht. Die Nervenfasern sind schon mit dem Zurücktreten der übrigen Schichten immer weniger und weniger geworden und verschwinden ohne bestimmten Gränzpunkt allmählig mit den Ganglienzellen, so dass eben die letzte Nervenfaser zur letzten Nervenzelle geht. Von der ganzen Retina ist jetzt also nichts weiter übrig geblieben als die beiden Limitantes und die Stützfasern dazwischen mit ihrem Centralherd in der inneren Körnerschichte. Die Stützfasern nehmen durchaus nicht ab, werden aber mit der zunehmenden Dünne der Retina kürzer. Sie suchen, was sie an Länge verloren, durch Breite zu ersetzen, und sind schliesslich nichts anderes als abgeplattete Cylinderzellen. Wenn nun zuletzt sämmtliche Elemente der Retina aufgehört haben zu existiren, so arrangiren sich diese übriggebliebenen cylindrischen Zellen zu einem Pallisadenwerk, welches dann zwischen den beiden Limitantes auf den Ciliarkörper fortgeht, wo sich der Durchschnitt nur wenig und ganz allmählich verschmälert, bis auch diese letzten Ueberbleibsel in der Nähe des Ansatzpunktes der Iris verschwinden.

In solcher Weise entwickelt sich bei allen Wirbelthieren die Pars ciliaris aus der eigentlichen Retina und es ist jetzt noch übrig, einiger individueller Eigenthümlichkeiten der vier als Typen benützten Thiere zu gedenken.

Beim Rind werden gegen die Ora hin die Stäbchen immer seltener, was die Anzahl der sich wahrscheinlich gleich bleibenden Zapfen viel bedeutender erscheinen lässt als im Augenhintergrund. Jedoch verschwinden sie nicht eher vollkommen, als bis auch die Zapfen, also die ganze Schichte aufhört. Schon etwas früher ist die Entwickelung der Radialfasern eine auffallend üppige geworden, sie halten nicht mehr so genau die rein radiäre Richtung ein

(Taf. II. Fig. 8.), sondern krümmen sich etwas, Momente, welche es natürlich erscheinen lassen, dass die nervösen Elemente in proportionaler Weise abnehmen. Aber noch lange, nachdem auf der Profilansicht die Opticusfasern verschwunden sind und die Ganglienzellen nur höchst vereinzelt vorkommen, zeigen sich auf der Flächenansicht Nervenbündel, welche in unregelmässigem Verlauf zwischen den Gefässen zu den vereinzelten Ganglienzellen hinziehen. (Taf. I. Fig. 13.)

Beim Huhn lässt sich besonders schön und leicht am frischen Präparat die wirkliche Abnahme der Zapfen constatiren. Denn die Oeltropfen dienen, auch ohne dass man die Zapfen selbst genau beobachtet, als vortreffliches Unterscheidungsmittel. Es schien mir bisweilen, als ob die dunkelrothen Oeltropfen gegen die Zahl der gelben und orangefarbenen abnähmen, doch ist für jetzt die Reihe der untersuchten Augen noch zu klein, um ein völlig endgültiges Urtheil darüber auszusprechen. Sehr instructiv ist bei diesem Thier das Stärkerwerden der Radialfasern. Dieselben sind in der eigentlichen Retina im Bereich der inneren granulirten Schichte so unendlich fein, dass es der grössten Aufmerksamkeit bedarf, um ihre Gegenwart zu constatiren. Nach der Ora serrata zu werden sie immer deutlicher und dicker und bekommen schon vor ihrem Uebergang in den Ciliartheil eine Dicke, welche den sehr ausgebildeten Radialfasern des Rindes gleichkommt. (Taf. II. Fig. 9.)

Die Ora serrata des Hechtes (Taf. II. Fig. 10) zeigt am besten, wie gleichmässig sich alle Thiere dem einmal bestehenden Schema fügen müssen. Zuerst fallen der allgemeinen Gleichstellung die dickbauchigen Doppelzapfen zum Opfer. Nur noch einfache Zapfen sind zu sehen, anfangs noch in bedeutender Länge, dann bis zum endlichen Verschwinden immer kürzer und kürzer werdend. Auch die Zahl der Stäbchen nimmt ab, doch verschwinden sie vor den Zapfen, wie bei Rind und Huhn, nicht vollständig. In der inneren Körnerschichte existirt bei den Fischen die von H. Müller entdeckte Schicht von Zellen, die Krause Membrana perforata nennt. Diese nun legt sich der äusseren granulirten Schichte immer inniger an, wird langsam dünner und verschwindet dann vollständig. Auf Fig. 10 ist von derselben schon nichts mehr zu sehen; die innere Körnerschichte stellt sich der der anderen Wirbelthiere vollkommen gleich und hat vor den andern gar nichts mehr voraus. Nachdem auch hier die Radialfasern sich noch verstärkt haben, erfolgt der gewöhnliche Uebergang in den Ciliartheil.

Beim Frosch[1]) sind die Verhältnisse am allereinfachsten und weichen vom allgemeinen Schema durchaus nicht ab, bedürfen also keiner weiteren Ausführung.

Meine Beobachtungen, welche sich auf eine Anzahl von Thieren aus den verschiedenen Wirbelthierklassen ausdehnen, haben immer mit sehr unbedeutenden Abweichungen die gleichen Resultate ergeben; statt der gewählten vier Repräsentanten hätte ich ebenso gut irgend

1) Leider konnte ich wegen Mangel an Platz von der Ora serrata des Frosches keine Abbildung geben.

welche andere herausgreifen können, der Hauptgrund gerade diese zu wählen war der, dass für Nachuntersuchungen die Augen dieser Thiere am leichtesten zu beschaffen sind.

Schliesslich muss ich noch mit einigen Worten der Ora serrata des Menschen gedenken, die uns ja doch zunächst interessirt, und die in manchen Theilen zu mannichfaltigen Controversen Anlass gegeben hat.

Die Stäbchen und Zapfen verhalten sich ganz in der schon von M. Schultze[1]) angegebenen Weise. Die langen und dünnen Zapfen werden kurz und dick, sie stehen hie und da gruppenweise zusammen, die Stäbchen sind unregelmässig dazwischen verstreut, und es bleiben Lücken zwischen den einzelnen Elementen der Stäbchenschichte. Die Limitans externa erscheint hier auf der Profilansicht kaum stärker als in der übrigen Retina, doch scheint sie mehr Widerstandsfähigkeit zu besitzen, da es hie und da an Osmiumpräparaten gelingt, durch Zerzupfen kleine Stückchen derselben zu isoliren, eine Eigenschaft, welche ihr in der übrigen Retina durchaus abgeht. — An die Limitans externa setzen sich nun die von Blessig zuerst beschriebenen Faserzüge an, die ich auf Taf. II. Fig. 1 abgebildet habe, und die ich der Kürze wegen Arkadenfasern nennen will. Der Entdecker beschreibt sie als Bindegewebsbalken, die sich in die innere und äussere Körnerschichte einsenken, lässt uns aber über Endigung und Ursprung im Unklaren. H. Muller hält sie dann für eine Leichenerscheinung, Kölliker ist geneigt sie für pathologisch zu erklären; Henle hält sie für normal aber unbeständig, und Krause beschreibt sie als beständige und normale Elemente der äusseren Faserschichte. Man sieht, die Deutung der so häufig vorkommenden Gebilde hat alle Phasen vom Kunstproduct bis zum normalen Gewebselement durchlaufen, und unsere Aufgabe ist es, die Gründe der verschiedenen Meinungen gegeneinander abzuwägen.

Die Arkaden bestehen, wie schon mehrfach beschrieben, aus Fasern. Diese sind sämmtlich kernführend und setzen sich, wie erwähnt, an der Limitans externa an. Die Fig. 4 auf Taf. II. zeigt, wie leicht es möglich ist, sie mit Krause für Zapfenfasern zu halten; sie haben in gewissen Reagentien genau deren Form und Ansehen, und nur die Vergleichung schützt vor Verwechslung. Gleich Anfangs fiel es mir auf, dass die Bündel, wie auch schon Blessig sah, durch Brücken in Verbindung stehen (Taf. II. Fig. 2.) und da ich durch meine Untersuchung der Macula lutea zur Ueberzeugung gekommen bin, dass die Zapfenfasern nervös sind, und da doch wohl nicht anzunehmen ist, dass Nervenelemente durch Querbalken von der Form des gezeichneten verbunden seien, kam ich zuletzt zur entschiedenen Ansicht, sie für Bindegewebe zu halten. Im Anfang wollte es mir nie glücken, die Faserbündel weiter zu verfolgen, als von der Limitans externa bis zur äusseren granulirten, und so glaubte ich denn, da ich sie immer sah, sie mit Krause für ein normales Gebilde der äusseren Körnerschichte halten

---

2) Archiv f. mikr. Anat. II. p. 226

zu müssen. Da spielte mir der Zufall einige Augenpaare in die Hände, welche mich eines andern belehrten. Die Arkadenfasern sind kein constantes Element der äusseren Retinaschichten, sondern sie kommen auch, wie es schon H. Müller beschreibt, in den inneren Schichten der Netzhaut vor, und ganz besonders instructiv sind Präparate, von denen eines in Fig. 14 auf Taf. I. dargestellt ist. Hier sind die Arkaden zuerst in dem äusseren Theil der Retina und rücken dann dadurch, dass sie die Zwischenkörnerschichte ganz nach aussen schiebt, in die innere Partie herein. An diesen Präparaten, die in der Gegend der inneren Körnerschichte nur wenige Zellen zeigen, ist auch mit grosser Sicherheit nachzuweisen, dass die einzelnen Fasern, welche die Bündel bilden, nichts weiter sind, als die colossal entwickelten Radialfasern, welche hier schon alle nervösen Elemente erdrücken und verdrängen. — Die Beobachtung von Henle, dass Gefässe im Bereich dieser Faserzüge vorkommen, ist also keinenfalls anzuzweifeln, denn da die äussere granulirte Schichte bekanntlich die Gränze der Gefässe bildet, steht ihrem Vorkommen in den Fasern der inneren Körnerschichte gar nichts im Wege.

Schon die Beobachtung, dass die Arkaden beliebig im Bereiche der inneren und äusseren Körnerschichte vorkommen, hatte meinen Glauben an ihr normales Vorkommen sehr erschüttert, einige weitere Beobachtungen aber befestigten mir die Ueberzeugung von ihrem pathologischen Wesen vollkommen. Zufällig hatte ich eine Zeitlang nur Augen von Individuen zur Verfügung, die unter dem 25. Lebensjahr verstorben waren, und nie gelang es mir hier, die Arkaden zu finden, sondern immer zeigte sich die Ora serrata wie bei allen andern Säugethieren. Es war also ganz offenbar, dass die Arkaden erst im höheren Alter sich bilden. — Aber noch nicht genug damit, gelang es mir, noch einen andern, wie mir scheint noch schlagenderen Beweis für meine Ansicht beizubringen. Bei der Untersuchung der Ora serrata des Hundes nämlich fand ich die Arkaden, die bisher als ein Alleinbesitzthum des Menschen galten, ebenfalls und zwar ebenso wie beim Menschen, jedoch bis jetzt immer nur in den äusseren Partien der Retina. An vielen Stellen der Ora serrata dieses Thieres zeigten sich schon dem unbewaffneten Auge blasige Anschwellungen, die mikroskopisch untersucht ein Bild geben, wie es auf Taf. II. Fig. 5 u. 6 abgebildet ist. Statt der zierlichen Säulen mit ihren regelmässigen Zwischenräumen fanden sich hier ungeheuer gedehnte Radialfasern, welche eine mit Flüssigkeit gefüllte Höhle einschlossen, die noch mit einer aus Zellen bestehenden Membran ausgekleidet war. (Fig. 7.) Wohl Niemand wird an der pathologischen Natur solcher Gebilde zweifeln, und da sie in unmittelbarem Zusammenhang mit den Arkaden stehen und aus ihnen hervorgehen, so ist wohl auf diese ein Rückschluss erlaubt. Beim Hund nun liess sich leichter constatiren, ob die Arkaden eine Altersveränderung sind oder nicht. Alle jungen Hunde, deren Ora serrata ich untersuchte, zeigten sie ganz normal, fast alle alten zeigten die Hohlräume und Arkaden. Eine grössere Beobachtungsreihe wird vielleicht noch bei andern Thieren derartige

Gebilde constatiren. So ist es z. B. sehr wahrscheinlich, dass die unregelmässigen Hohlräume, wie sie in Taf. II. Fig. 8 vom Rind gezeichnet sind, zu diesen pathologischen Bildungen zu rechnen sind. Eine Ansicht über die Bedeutung dieser Verdickungen an der Ora serrata zu äussern wage ich nicht, und es muss den Ophthalmologen überlassen bleiben, über dieselbe zu entscheiden.

Das Verhalten der inneren granulirten Schichte ist natürlich bei Augen, welche die eben beschriebenen Veränderungen zeigen, ebenfalls ein ganz anomales, Verdickung wechselt mit Verdünnung und ein scharfes Ende lässt sich nicht nachweisen. Bei normalen und jungen Augen verhält sie sich in der oben beschriebenen Weise.

Nervenfasern und Ganglienzellen hören schon kurz jenseits des Aequators auf, die regelmässige Form zu zeigen. Die Zellen bilden keine fortlaufende Reihe mehr; die Opticusfasern verschwinden auf dem Durchschnitt ganz. Betrachtet man dagegen eine Flächenansicht (Taf. I. Fig. 13.), so sieht man, dass auch hier, wie beim Rind, die Ganglienzellen nicht ohne Verbindung mit dem Centralorgan bleiben, sondern dass die Opticusfasern in einzelnen Bündelchen verlaufen, die zwischen den Ganglienzellen eine Art von Nervenplexus bilden. Dieses Geflecht erstreckt sich ganz bis an den Rand der Retina und hört ungefähr in gleicher Linie mit der Stäbchenschichte und der äusseren Körnerschichte auf. Die Ganglienzellen liegen, wie auch die Fig. 13 zeigt, ganz regellos über die innere Retinafläche verstreut und scheinen bei ihrem Verschwinden keinem besonderen Gesetze zu folgen.

Methoden.

Mit Hilfe der bis jetzt gekannten Methoden war es, wie die Thatsache beweist, unmöglich, den Bau der Retina vollkommen zu ergründen. Da es aber fast immer nur ein glücklicher Zufall ist, wenn man ein neues, brauchbares Reagens findet, so wollte ich natürlich meine Zeit nicht damit verlieren, nach diesem Stein der Weisen zu suchen, sondern bemühte mich, alle Methoden, die bisher gebraucht sind, mit möglichster Treue zu copiren und die Resultate aus den einzelnen Untersuchungen zu combiniren. Sehr bald blieb ich bei der Osmiumsäure stehen, die in Bezug auf gute Conservirung ja alles leistet, was man verlangen kann. Nur die grosse Vergänglichkeit der Präparate und die Schwierigkeit, mit welcher sich von derartig behandelten Augen Schnitte und besonders Flächenschnitte, die man bei der Untersuchung der Retina mancher Thiere nicht entbehren kann, anfertigen lassen, machten mir ein anderes Reagens wünschenswerth. Alkohol, Chromsäure und Müller'sche Flüssigkeit, die ich zunächst benutzte, leisteten nicht genug. Schliesslich kam ich auf den Gedanken, es mit Verbindung edler Metalle zu versuchen. — Zu meiner Verwunderung fand ich, dass neben den vielfachen erfolgreichen Versuchen mit Chlorgold und Chlorsilber noch gar keine solchen mit Chlorplatin vorlagen, welches doch als analog construirte Verbindung a priori Resultate erwarten liess. Ich machte sogleich Versuche mit verschieden starken Lösungen desselben und fand, dass

zwar keine, oder vielmehr eine diffus gelbe Färbung der Objecte eintrat, dass aber gewisse Concentrationen in der Erhärtung Ausgezeichnetes leisteten. Versuche, die ich mit anderen Organen machte, ergaben sehr gute Resultate; da die Platinlösung nicht in die Tiefe dringt, werden alle Gewebe, welche dünne Schichten bilden, ausserordentlich schön und ohne jegliches Schrumpfen mit ausgezeichneter Conservirung der Formen erhärtet, so Haut, Magen, Darm etc. Legt man ganze Nasenmuscheln mit der Schleimhaut ein, so wird der Knochen erweicht, die Schleimhaut erhärtet, so dass das ganze Organ eine Consistenz bekommt, welche die feinsten Schnitte gestattet. — Nur die Retina, auf welche es gerade abgesehen war, ergab wenig befriedigende Resultate; die Netzhäute falteten sich, wurden brüchig, mit einem Wort zu stark erhärtet. Schliesslich machte ich einen Versuch, das Platinchlorid mit der Chromsäure zu verbinden und diese Mischung zur Erhärtung der Retina anzuwenden. Der Erfolg übertraf alle Erwartungen. Die Netzhäute bekamen etwa die Consistenz von Käse, Schnitte in jeder Richtung waren ermöglicht, die Conturen waren von ganz überraschender Schärfe; es war also ein Mittel gefunden, um die Topographie der Retina mit grosser Leichtigkeit festzustellen. Die zum Theil sehr schönenen Schnitte der Ora serrata oder die Flächenschnitte der Macula lutea wären ohne diese Platin-Chromsäureflüssigkeit unmöglich gewesen. Aber wie jedes Reagens, so hat auch dieses seine Schattenseite. Wie schon oben erwähnt, verschwinden in den meisten Fällen die nervösen Theile fast vollständig, doch ist dies nicht ganz constant; sondern immer sind die Opticusfaserschichte und, wie Fig. 9 u. 10 auf Taf. II. zeigen, manchmal die Stäbchen und Zapfen erhalten. Mit voller Sicherheit darf man daher wohl nicht alles gut conservirte für bindegewebig ansprechen, obgleich doch wahrscheinlich die feineren Fasern der beiden Körnerschichten, welche erhalten bleiben, alle dem Bindegewebe angehören.

Die Concentration, welche mir die besten Dienste leistete, war Platinchlorid 1 zu Wasser 400 und Chromsäure 1 zu Wasser 400 zu gleichen Theilen. Die Bulbi wurden halbirt und in eine mässige Menge, etwa 1½—2 Unzen auf den menschlichen Bulbus, eingelegt. 3—4 Tage genügen, um die Augen vortrefflich schneidbar zu machen.

Die Schnitte führe ich aus freier Hand mit einem in Alkohol getauchten Rasirmesser. Die Präparate schliesst man am besten in Glycerin ein. Färbung mit Carmin, Hämatoxylin, Molybdän etc. haben bisher nur sehr ungenügende Resultate ergeben. Die Augen erhalten sich über ein halbes Jahr vortrefflich in der Mischung. Man erneuert diese nicht, und wenn Pilzentwickelung eintritt, bringt der Zusatz von etwas absolutem Alkohol leicht Abhilfe.

Ich hoffe durch Angabe dieser Reagensflüssigkeit künftigen Untersuchern ein willkommenes Härtungsmittel gegeben zu haben, welches, wie gesagt, den nicht hoch genug zu schätzenden Vorzug hat, dass es die Retina ohne Falten und ohne Schrumpfen zu einem leicht zu behandelnden und gut zu schneidenden Objecte macht.

Tafelerklärung.

Taf. I.

Fig. 1. Zapfen aus der Fovea centralis im Zusammenhang mit den Zapfenfasern. *a.* Getheiltes und abgerissenes Ende einer solchen. *b.* Bindegewebsscheiden. (Frisch aus Osmium. 650.)

Fig. 2. Ein Zapfen der Macula lutea mit dem Zapfenkorn *a*, und der zerrissenen glashellen Scheide *b*. Deren Ansatzpunkt an der Limitans externa, *c*. (1400.)

Fig. 3. Zapfenkorn und Zapfenfaser von der Scheide umhüllt. (700.)

Fig. 4. Zapfen der Macula lutea und Zapfenfaser mit der Scheide. (Aus Osmium, längere Zeit in Wasser Macerirt. 650.)'

Fig. 5. Durchtritt der Bindegewebselemente der inneren Körnerschichte durch die äussere granulirte und ihre Umformung zu den glashellen Scheiden. (450.)

Fig. 6. Nervöse Elemente der inneren Körnerschichte. (650.)

Fig. 7. Inneres Korn mit Kornfaser und deren Verbreiterung in der äusseren granulirten Schichte. (700.)

Fig. 8. Bindegewebe der inneren Körnerschichte. (Platinpräparat. 500.)

Fig. 9. Zusammenhang eines Ganglienzellenfortsatzes mit einem inneren Korn. (700.)

Fig. 10. Ganglienzelle der Macula lutea mit ihrem sich theilenden peripherischen Fortsatz. (540.)

Fig. 11. Flächenschnitt der Fovea centralis durch die äussere Faserschichte; deren radiäre Anordnung. Nach unten eine leichte Centralfalte. (Platinpräparat. 80.)

Fig. 12. Querschnitt der Fovea centralis, jedoch nicht durch die Mitte. Die Scheiden quer oder schief durchschnitten; bei *a* treten sie in die äussere granulirte ein. *b* verdickte Limitans interna.

Fig. 13. Flächenansicht der Opticusfasern und Ganglienzellen an der Ora serrata des Menschen. Die hellen Stellen in der innern granulirten Schichte entsprechen dem Durchtritt der Radialfasern. (230.)

Fig. 14. Arkaden an der Ora serrata des Menschen, nach links in der äusseren, nach rechts in der inneren Könerschichte. (150.)

Taf. II.

Fig. 1. Arkaden an der Ora serrata des Menschen. *a.* Bindegewebige Verlängerung der Ora serrata nach vorne. (160.)

Fig. 2. Verbindungsbrücke zwischen zwei Faserbündeln der Arkaden an der Ora serrata des Menschen. (350.)

Fig. 3. Verlängerung der Ora serrata nach vorn. (200.)

Fig. 4. Ansatz der Arkadenfasern an der Limitans externa.

Fig. 5. Blasige Auftreibung an der Ora serrata des Hundes. (25.)

Fig. 6. Arkadenartige Fasern an der Ora serrata des Hundes, welche die Wände der in Fig. 5 gezeichneten Höhlung bilden. (150.)

Fig. 7. Membran, welche die Höhlung auskleidet.

Fig. 8. Ora serrata des Rindes. (200.)

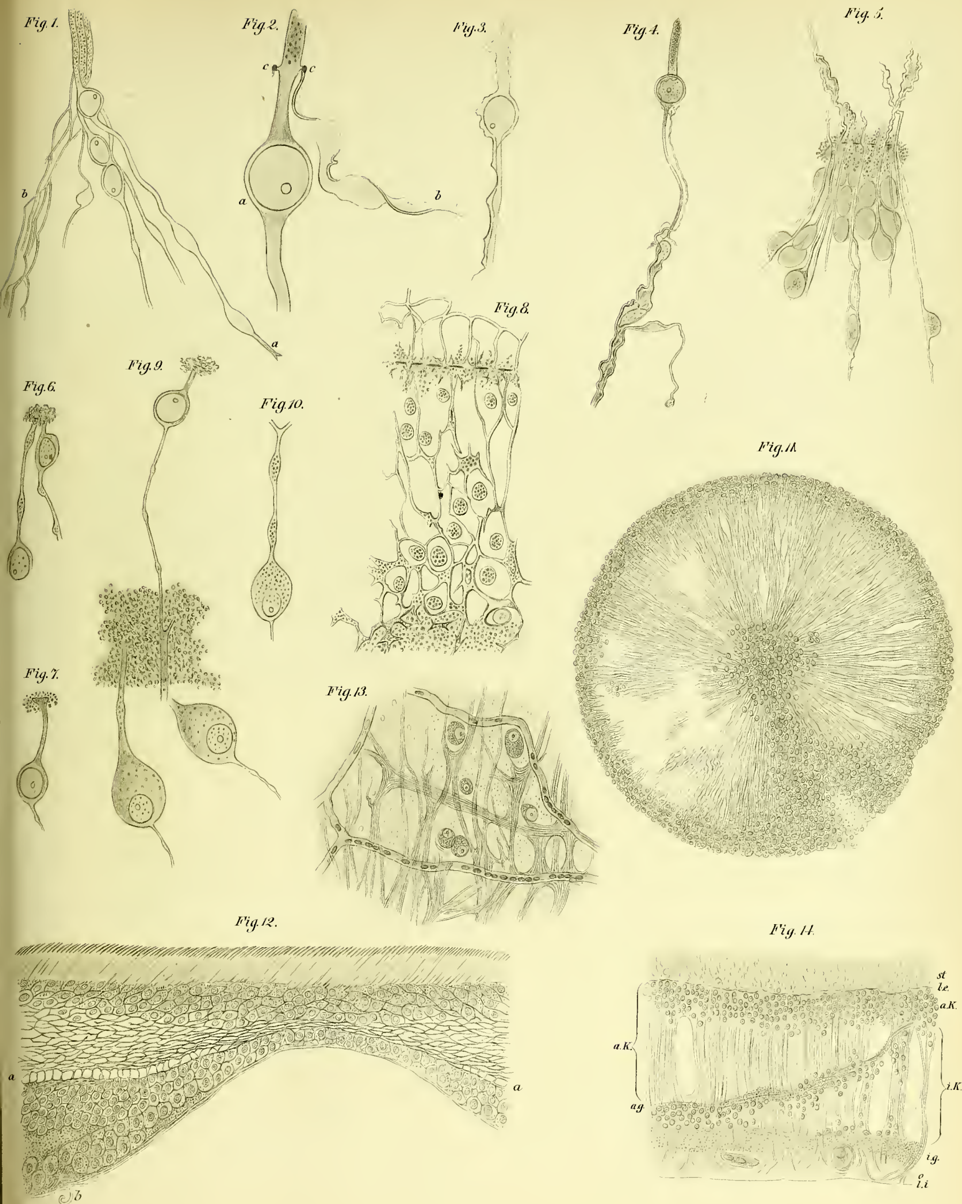
Fig. 9. Ora serrata des Huhnes. (280.)

Fig. 10. Ora serrata des Hechtes. (280.)

Bei allen Figuren auf Taf. II. und bei Fig. 14 auf Taf. I. bedeutet:

St. Stäbchen und Zapfenschichte.
l. e. Limitans externa.
a. K. äussere Körnerschichte.
a. g. äussere granulirte Schichte.
i. K. innere Körnerschichte.
i. g. innere granulirte Schichte.
o. Opticusfasern und Ganglienzellen.
l. i. Limitans interna.

Druck von Breitkopf und Härtel in Leipzig.



O. Peters del.

Lith. Anst. v J. G. Bach, Leipzig

Fig. 1.

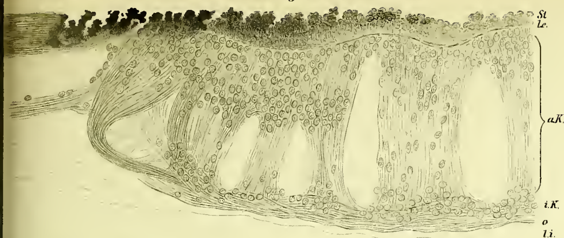


Fig. 2.

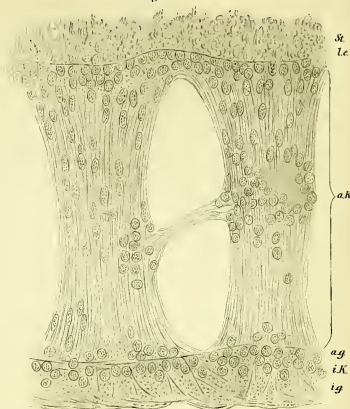


Fig. 3.

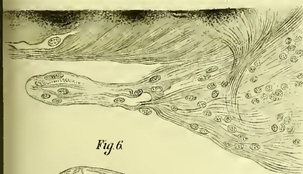


Fig. 4.

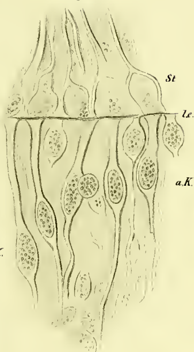


Fig. 5.

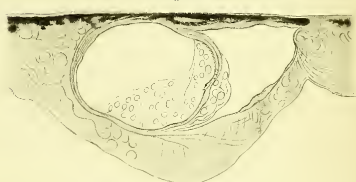


Fig. 6.



Fig. 7.

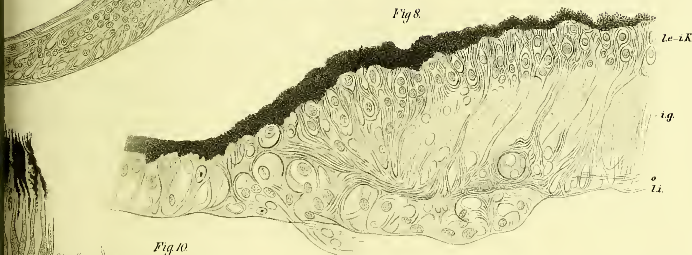


Fig. 8.

Fig. 10.

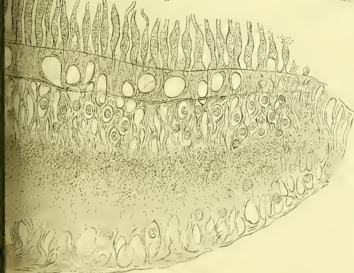
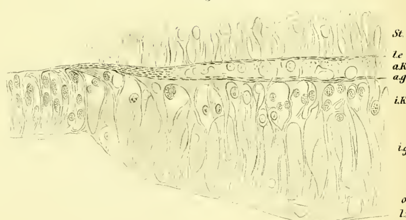


Fig. 9.



Lith. Anst. v. J. G. Bach, Leipzig.